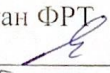


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА
Кафедра «Радиоуправление и связь»

СОГЛАСОВАНО

Декан ФРТ

 Холопов И.С.
«25» 06 2020 г.

Руководитель ОПОП

 Кириллов С.Н.
«25» 06 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по РОП и МД

 Корячко А.В.
«26» 06 2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.01.02 «Электродинамика и распространение радиоволн»

Специальность

Радиоэлектронные системы и комплексы

ОПОП специалитета

«Радиоэлектронные системы передачи информации»

Квалификация выпускника – инженер

Форма обучения – очная

Рязань 2020 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности)

11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»,
утвержденного 09.02.2018 № 94

Разработчик доцент кафедры РУС

Б. К. Кагаленко Б.В.

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «26» __06__ 20 20 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой РУС

Кириллов С.Н., д.т.н., проф.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине,
соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной
программы специалитета

Рабочая программа по дисциплине «Электродинамика и распространение радиоволн» является составной частью основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки специалистов 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, разработанной в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии (уровень специалитета), утвержденным приказом Минобрнауки России от 12.03.2015 г. № 219.

Цели изучения дисциплины:

- изучение фундаментальных законов электромагнитного поля;
- изучение особенностей распространения электромагнитных волн в различных средах и направляющих системах;
- изучение законов излучения электромагнитных волн;
- изучение особенностей распространения электромагнитных волн по естественным трассам.

Задачи изучения дисциплины распределены между тремя ее модулями, изучаемыми во 2-м и 3-м семестрах, соответственно, по очной форме обучения.

Задачи модуля 1: изучение основных понятий, определений и теорем, особенностей и характеристик плоской однородной электромагнитной волны в однородной изотропной среде, решение задач.

Задачи модуля 2: изучение основных характеристик электромагнитных полей в неоднородных и гиротропных средах и направляющих системах, полей элементарных источников и особенностей распространения радиоволн по естественным трассам.

Коды компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	Способность понимать сущность и значение законов электромагнитного поля.
ОПК-2	Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры.

ОПК-3	Способность владеть основными методами решения технических задач на базе теории электромагнитного поля.
ОПК-5	Способность использовать нормативную и правовую документацию, характерную для области радиотехники.
ОПК-6	Способность проводить инструментальные измерения, используемые при разработке и измерениях устройств СВЧ в области радиотехники.
ОПК-7	Готовность к контролю соблюдения и обеспечения экологической безопасности
ПК-1	Готовность содействовать внедрению перспективных технологий и стандартов
ПК-7	Готовность к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта.
ПК-8	Умение собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- законы электромагнитного поля;
- особенности электромагнитных полей в различных средах, направляющих и резонансных системах;
- законы излучения электромагнитных волн;
- законы распространения радиоволн по естественным трассам;
- методы решения задач, связанных с функционированием СВЧ элементов, узлов и систем сетей связи.

уметь:

- применять законы электродинамики к решению задач в радиотехнических системах.

владеть:

- навыками моделирования элементов, узлов и систем СВЧ в современных пакетах прикладных программ.

2. Место дисциплины в структуре ООП специалитета

Данная дисциплина относится к базовой части блока № 1 дисциплин основной профессиональной образовательной программы (ОПОП)

**«Информационные системы и технологии» по направлению подготовки
специалитета 11.03.01 Радиотехника.**

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины (модуля) составляет 5 зачетных единиц (180 часов) .

Семестр	4		5		Итого	
Неделя	16		16			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп	уп	рп
Лекции	24	24	16	16	40	40
Практические	8	8	-	-	8	8
Лабораторные работы	-	-	16	16	16	16
Иная контактная работа	0,25	0,25	0,35	0,35	0,6	0,6
Итого ауд.	32,25	32,25	32,25	32,25	64,5	64,5
Сам. Работа	31	31	29	29	60	60
Часы на контроль	8,75	8,75	44,65	44,65	53,4	53,4
Итого	72	72	106	106	178	178

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Модуль 1. Основные законы и теоремы электродинамики.

Предмет и задачи курса. Связь с основными дисциплинами радиотехнических специальностей.

Основные понятия и определения. Система уравнений Максвелла. Граничные условия. Основные теоремы электродинамики. Поле плоской однородной волны. Основные определения. Поле в идеальной среде и в среде с потерями. Поляризация электромагнитных волн.

Модуль 2. Волны на границе раздела сред. Законы Снеллиуса и формулы Френеля. Основные эффекты. Приближенные граничные условия.

Волны в направляющих системах. Особенности полей в волноводах - решение задачи о собственных полях, режимы работы волноводов,

структуры полей, электрическая прочность, потери, концепция парциальных волн.

Поле элементарных источников. Основные параметры антенн. Принцип двойственности. Теорема взаимности. Эквивалентные поверхностные токи.

Распространение радиоволн по естественным трассам .Классификация радиоволн. Учёт влияния основных факторов на распространение радиоволн. Диапазонные особенности распространения радиоволн.

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

МОДУЛЬ 1

Раздел модуля	Содержание
1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ	
1.1. Основные понятия и определения	Место дисциплины в системе инженерного образования. Собственные векторы поля. Параметры и классификация сред. Принцип суперпозиции. Стационарные, нестационарные и квазистационарные процессы.
1.2. Система уравнений Максвелла	Основные законы электродинамики. Система уравнений Максвелла в дифференциальной форме и для комплексных амплитуд. Классификация сред. Граничные условия.
1.3. Основные теоремы	Теорема Пойнтинга. Теорема единственности.
1.3. Плоская однородная волна	Решение системы уравнений Максвелла. Плоская волна в идеальной и диссипативной среде. Поляризация электромагнитных волн

МОДУЛЬ 2

2.БАЗОВЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

2.1. Волны на границе раздела	Основные определения. Формулы Снеллиуса и Френеля. Эффект Брюстера. Полное внутреннее отражение. Поле над идеально проводящей поверхностью. Поверхностный эффект
2.2. Поля в направляющих системах	Основные определения. Решение задачи о поле нормальных волн в волноводах. Режимы работы волноводов. Структура поля и токов. Электрическая прочность. Фазовая и групповая скорости. Потери. Концепция парциальных волн.
2.3. Поле элементарных источников	Основные определения. Общие выражения для поля элементарного электрического источника. Ближняя и дальняя зоны. Основные параметры антенн. Принцип двойственности. Элементарный магнитный вибратор. Эквивалентные поверхностные источники. Элемент Гюйгенса. Теорема взаимности.
2.4 Распространение радиоволн	Основные определения и классификация радиоволн.

по естественным трассам	Уравнения идеальной радиосвязи и радиолокации. Зоны Френеля. Влияние подстилающей поверхности, тропосферы и ионосферы. Диапазонные особенности распространения радиоволн.

4.2. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции (36 часов)	Лаб. занятия (16 часов)	Практ. занятия (8 часов)
1	Основные уравнения и законы электродинамики	6		5
2	Распространение электромагнитных волн	9	6	2
3	Распространение волн по направляющим системам	9	10	1
4	Основы теории излучения	6		4
5	Распространение радиоволн по естественным трассам	6		

6. Индивидуальные занятия по дисциплине

Цель индивидуальных занятий – углубление и закрепление знаний, изучение некоторых тем учебной программы, которые частично либо полностью не изучаются на аудиторных занятиях.

Тематика индивидуальных занятий:

1. Статические и стационарные поля. Расчёт ёмкости и электрической прочности линий .
2. Поля в резонансных системах.
3. Поля в анизотропных средах. Волноводные устройства на базе намагниченных ферритов.

7. Самостоятельная работа по дисциплине

Объём самостоятельной работы студента определяется учебным планом и составляет 79 часов.

Типовые задания для самостоятельной работы:

- чтение конспекта лекций;
- чтение и анализ научной литературы по темам курса;
- конспектирование, аннотирование научных публикаций;
- анализ учебных и методических пособий.

Критерии оценивания компетенций:

- уровень усвоения материала программы;
- умение анализировать материал, устанавливать причинно-следственные связи;
- ответы на вопросы: полнота, аргументированность, убежденность;
- качество ответа: логичность, уверенность, общая эрудиция;
- использование дополнительной литературы при подготовке ответов.

Тематика самостоятельной работы студентов:

1. Особенности радиоизмерений на СВЧ.
2. Структура и методика использования измерительных приборов СВЧ .
3. Волноводы круглой формы сечения. Решение волнового уравнения для линии передачи круглой формы сечения.
4. Векторный и скалярный электродинамические потенциалы.
5. Поверхностные электромагнитные волны и замедляющие системы

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине представлен в виде оценочных материалов и приведен ниже.

7. Лабораторный практикум (18 часов)

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	2	Вводное занятие
2	3	Структура электромагнитного поля в волноводе
3	3	Исследование структуры электромагнитного поля в резонаторе волноводного типа
4	3	Исследование волновых процессов в намагниченном феррите

Контрольные вопросы

**1. СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ
В ВОЛНОВОДЕ**

1. Основные типы направляющих систем и основные типы волн в них.
2. Отличие полей в волноводах от полей в коаксиальных (и других подобных) линиях.

3. Режимы работы волноводов.
4. Основной тип поля в волноводе. Преимущества работы на волне основного типа.
5. Смысл индексов m и n в обозначении типов поля.
6. Концепция парциальных волн.
7. Структура поля и основные параметры волн типа H_{10}, H_{11}, E_{11} в прямоугольных волноводах.
8. Зависимость параметров волн от частоты и размеров волновода.
9. Структура поля и основные параметры волн типа H_{11}, H_{01}, E_{01} в круглых волноводах.
10. Структура токов в стенках прямоугольных и круглых волноводов для волн, перечисленных в пп. 7 и 8. Излучающие и неизлучающие щели.
11. Способы возбуждения волноводов.
12. Зависимость мощности, передаваемой по волноводу, от составляющих электромагнитного поля, частоты (длины волны) генератора и размеров волновода.
13. Предельная мощность, передаваемая по волноводу. Что происходит при превышении предельной мощности?
14. Зависимость потерь в стенках прямоугольного волновода от частоты (длины волны).
15. Распределение составляющих поля в волноводе при коротком замыкании, открытом конце волновода, индуктивной и емкостной нагрузках.
16. Характеристическое и эквивалентное сопротивление волновода.
17. Виды неоднородностей в волноводе и их эквивалентные схемы.
18. Функциональная схема установки и методика проведения эксперимента.
19. Функциональная схема лабораторного генератора СВЧ.
20. Функциональная схема измерительного устройства.
21. Устройство измерительной линии.
22. Определение сопротивления нагрузки с помощью круговой диаграммы для длинных линий.
23. Градуировка индикаторного устройства.
24. Определение размеров волновода для работы на волне заданного типа по известной частоте генератора.
25. Устройство и принцип действия волноводных согласующих шлейфов.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В РЕЗОНАТОРАХ ВОЛНОВОДНОГО ТИПА

1. Сформулировать условие резонанса в объемном резонаторе.
2. Назвать основные типы резонаторов.
3. Рассказать о добротности объемного резонатора.
4. Показать, как повлияет на добротность резонатора заполнение его диэлектриком без потерь при сохранении типа колебаний.
5. Назвать невозможные типы колебаний в объемном резонаторе пря-

моугольной и цилиндрической формы.

6. Объяснить смысл индексов m , n и p в обозначении типа поля в резонаторе.

7. Показать, как изменится собственная резонансная частота прямоугольного резонатора с волной типа H_{mn2} при изменении его длины вдвое.

8. Рассказать о методе пробного тела для определения структуры поля в резонаторе.

9. Объяснить, почему на СВЧ невозможно применение контуров с сосредоточенными параметрами.

10. Назвать возможные области применения объемных резонаторов.

11. Показать, что в резонаторе без потерь нет переноса энергии в продольном направлении.

12. Объяснить, почему резонаторы имеют множество резонансных частот.

13. Назвать способы возбуждения резонаторов.

14. Показать преимущества колебаний типа H_{011} в круглом резонаторе перед другими типами колебаний.

15. Рассказать о методике снятия частотной характеристики резонатора.

16. Привести функциональную схему установки для измерения структуры поля методом пробного тела.

17. Показать влияние формы объемного резонатора при одинаковой площади его поверхности на добротность.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ФАРАДЕЯ В НАМАГНИЧЕННОМ ФЕРРИТЕ

1. Чем обусловлены магнитные свойства феррита?

2. При каких условиях возникает вынужденная прецессия?

3. Чем характеризуется эффект ферромагнитного резонанса?

4. Чем определяется частота ферромагнитного резонанса?

5. Сформулируйте принцип взаимности.

6. Как изменяются составляющие тензора магнитной проницаемости в зависимости от величины подмагничивающего поля H_0 ?

7. В чем заключается эффект Фарадея, в чем его невзаимные свойства?

8. От чего зависит угол поворота плоскости поляризации?

9. В каком случае феррит считается продольно-намагниченным?

10. В каком случае феррит считается поперечно-намагниченным?

11. При каких условиях возникает в намагниченном феррите необыкновенная волна (вектор H волны ориентирован эллиптически)?

12. При какой ориентации векторов E и H электромагнитной волны относительно постоянного внешнего поля H_0 возникает в феррите обыкновенная волна (H волна)?

13. Чем характеризуется поперечный резонанс?

14. Чем характеризуется эффект смещения поля?

15. Какое свойство феррита используется в вентиле, выполненном на основе круглого волновода с волной H_{11} ?

16. В каких средах не выполняется принцип взаимности?

8. Практические занятия (24 часа)

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Наименование практических занятий
1	1	Элементы векторного анализа – 2 часа
2	1	Основные характеристики электромагнитного поля – 3 часа
3	1	Уравнения Максвелла – 3 часа
4	1	Граничные условия электродинамики – 2 часа
5	1	Теорема Пойнтинга – 4 часа
6	2	Плоские электромагнитные волны – 3 часа
7	3	Волноводы – 4 часа
8	3	Объемные резонаторы – 1 час
9	4	Элементарные излучатели – 2 часа

9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. ,1989 г.
2. Пименов Ю.В. Техническая электродинамика. , 2000 г.
3. Никольский В.В. Электродинамика и распространение радиоволн. ,1971 ... 1989 г.
4. Семенов В.А. Техническая электродинамика., 1972 г.
5. Вольман В.И., Пименов Ю.В. Техническая электродинамика.,1971 г.
6. Ардабьевский А.И. Теория электромагнитного поля и и распространение радиоволн. ,: МАИ, 1968 г.
7. Электродинамика и распространение радиоволн. ,: сборник задач, РГРТУ,2015 г. инв. 4543.
8. Методические указания к лабораторным работам по электродинамике ,: РГРТУ,2015г..

Дополнительная литература

1. Анго А. Математика для электро и радиоинженеров
2. Фейнман Р., Лейтон Д ., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. т.т. 5,6.

*

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Лаборатория, оборудованная радиоизмерительными приборами и элементами СВЧ.
2. Демонстрационными программами в среде Матлаб:
 - поле плоской однородной электромагнитной волны в идеальной среде и в среде с потерями;
 - поляризация электромагнитных волн;
 - волны на границе раздела сред;
 - фазовая и групповая скорости волн;
 - множитель Земли;
 - теорема взаимности;
 - концепция парциальных волн.

11.Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1 Рекомендации по планированию и организации времени, необходимого для изучения дисциплины

Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины. Изучение конспекта лекции в тот же день, после лекции – 10-15 минут. Изучение конспекта лекции за день перед следующей лекцией – 10-15 минут. Изучение теоретического материала по учебнику и конспекту – 1 час в неделю.

11.2 Описание последовательности действий студента

При изучении дисциплины очень полезно самостоятельно изучать материал, который ещё не прочитан на лекции и не применялся на лабораторных занятиях. Тогда лекция будет гораздо понятнее. Однако легче при изучении курса следовать изложению материала на лекции. Для понимания материала и качественного его усвоения рекомендуется такая последовательность действий:

1). После прослушивания лекции и окончания учебных занятий, при подготовке к занятиям следующего дня, нужно сначала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня (10-15 мин.).

2). При подготовке к лекции следующего дня, нужно просмотреть текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть тема следующей лекции (10-15 мин.). В течение недели выбрать время (1 час) для работы с литературой в библиотеке.

11.3 Рекомендации по работе с литературой

Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются и книги из рекомендуемого библиографического списка. Полезно использовать несколько учебных пособий по курсу. Рекомендуется после изучения очередного параграфа ответить на несколько вопросов по данной теме: «о чём этот параграф?», «какие новые понятия введены, каков их смысл?»

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки специалистов 11.05.01 "Радиоэлектронные системы и комплексы" (квалификация выпускника – инженер, форма обучения – очная).

Программу составил

к.т.н., доцент кафедры РУС

Б.В. Кагаленко